

轮胎轻量化设计对轮胎滚动阻力的影响

蔡习舟^{1,2}

(1. 青岛科技大学 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042; 2. 杭州中策橡胶有限公司, 浙江 杭州 310008)

摘要:通过对 195/65R15 轿车子午线轮胎的骨架材料和施工设计进行优化,以减小轮胎质量,降低轮胎滚动阻力,提高汽车的燃油经济性。结果表明:优化设计后的轮胎质量由 8.8 kg 减为 7.3 kg;在保证轮胎的充气外缘尺寸、成品性能以及室外装车性能满足要求的情况下,优化后轮胎的湿地抓着力性能基本保持不变,滚动阻力系数由 10.08 降到 8.89,降幅达 11.8%。

关键词:轿车子午线轮胎;滚动阻力;轻量化;燃油经济性;湿地抓着力

中图分类号:U463.341 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)02-0082-04

2012 年 11 月 1 日欧盟标签法规正式实施,规定所有在欧盟销售的轿车轮胎、轻型载重轮胎、载重和公共汽车轮胎必须加贴标签,标示轮胎的燃油效率、滚动噪声和湿地抓着力等级。标签法规标示的轮胎燃油效率的评价指标就是轮胎的滚动阻力系数,降低轮胎行驶过程中的滚动阻力在几年前就受到各大轮胎企业的重视,2007 年米其林和普利司通就推出了低滚动阻力的 Energy Saver 系列和 Ecopia EP100 系列轮胎产品。近年来,国内各轮胎企业也在加大对轮胎滚动阻力的研究,其中轮胎轻量化成为减小轮胎滚动阻力的一个研究方向。

在保持轮胎轮廓和花纹不变的情况下,轮胎轻量化可以从优选骨架材料和优化施工设计两方面着手。轮胎骨架材料的合理选择与施工的优化设计,可以在保持轮胎外缘尺寸稳定和满足轮胎承载能力的同时,减小轮胎质量,降低轮胎滚动阻力,提高汽车的燃油经济性。本工作对 195/65R15 轿车子午线轮胎的骨架材料和施工进行优化设计,现将其设计情况简介如下。

1 技术参数

根据 GB 9743—2007,确定 195/65R15 轿车子午线轮胎的技术参数为:标准轮辋 6J,充气外

直径(D') 635(627.4~642.6) mm,充气断面宽(B') 201(193.0~208.0) mm,标准充气压力 250 kPa,标准负荷 615 kg。

2 骨架材料

2.1 胎体

胎体优化前采用 1 层 1670dtex/2 DSP 聚酯浸胶帘布,优化后采用 1 层 1440dtex/2 DSP 聚酯浸胶帘布。两种胎体帘布的参数对比如表 1 所示。

表 1 两种胎体帘布的参数对比

项 目	帘布规格	
	1670dtex/2 DSP	1440dtex/2 DSP
单根帘线强度/N	205	180
压延厚度/mm	1.2	1.1
密度/[根·(10 cm) ⁻¹]	100	100
帘布质量比/%	100.0	90.1

通过薄膜理论计算,胎体原设计的安全倍数为 13.26,优化后的安全倍数为 11.64。虽然胎体采用 1440dtex/2 DSP 聚酯浸胶帘布后安全倍数降低,但从理论上可以满足要求。

2.2 带束层

带束层优化前采用 2 层 2+2×0.25HT 钢丝帘线,优化后采用 2 层 2+4×0.17UT 钢丝帘线,两种带束层钢丝帘线的参数对比如表 2 所示。

通过彼德尔曼公式计算,带束层原设计的安全倍数为 11.57,优化后的安全倍数为 9.29。虽

作者简介:蔡习舟(1982—),男,湖北黄梅人,杭州中策橡胶有限公司助理工程师,在职硕士研究生,主要从事轮胎结构设计工作。

表 2 两种带束层钢丝帘线的参数对比

项 目	钢丝帘线规格	
	2+2×0.25HT	2+4×0.17UT
单根帘线强度/N	590	474
压延厚度/mm	1.2	1.0
密度/[根·(10 cm) ⁻¹]	80	80
帘线质量比/%	100.0	81.7

然带束层采用 2+4×0.17UT 钢丝帘线后安全倍数降低,但从理论上可以满足要求。

2.3 冠带层

冠带层优化前采用 1 层 1400dtex/2 锦纶 66 浸胶帘布,优化后采用 1 层 930dtex/2/F94 锦纶 66 浸胶帘布。两种冠带层帘布的参数对比如表 3 所示。

表 3 两种冠带层帘布的参数对比

项 目	帘布规格	
	1400dtex/2 锦纶 66	930dtex/2/F94 锦纶 66
单根帘线强度/N	206	138
压延厚度/mm	0.9	0.8
密度/[根·(10 cm) ⁻¹]	74	94
帘线质量比/%	100.0	91.2

2.4 钢丝圈

钢丝圈优化前采用单根强度为 1 400 N、 ϕ 0.96 mm 的胎圈钢丝,四边形排列,排列方式为 5×5;优化后采用单根强度为 2 720 N、 ϕ 1.30 mm 的胎圈钢丝,六角形排列,排列方式为 4-5-4。钢丝圈优化设计前后排列示意如图 1 所示。

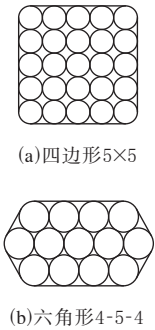


图 1 钢丝圈优化设计前后排列示意

通过计算,钢丝圈原设计的安全倍数为 3.85,优化后的安全倍数为 4.12,可见优化设计的安全倍数比原设计安全倍数高。

通过调整以上 4 种骨架材料的品种,改进后轮胎质量可以减小 0.69 kg。

3 施工设计

3.1 胎面

胎面基部胶厚度优化前为 2.6 mm,优化后为 2.0 mm,胎面厚度减小了 0.6 mm,而胎面胶配方保持不变。

3.2 三角胶

三角胶设计能够提高胎圈部位刚性,减小胎圈部位变形。优化前采用邵尔 A 型硬度为 80 度、高度为 40 mm 的硬质三角胶,优化后采用邵尔 A 型硬度为 90 度、高度为 15 mm 的硬质三角胶。为了保证胎侧部位应力均匀地从较硬的胎圈逐步过渡到较软的胎侧,在三角胶与胎侧部位增设厚度为 1 mm、宽度为 60 mm、邵尔 A 型硬度为 90 度的硬质胶片。

3.3 胎侧

为了减小胎侧质量,对胎侧进行优化,胎侧厚度减薄。由于对三角胶进行改进时增设了硬质胶片,也就避免了因胎侧厚度减薄而带来的胎侧强度下降。钢丝圈、三角胶和胎侧优化设计前后示意如图 2 所示。

通过施工设计的调整,优化后轮胎的质量减小了 0.808 kg。

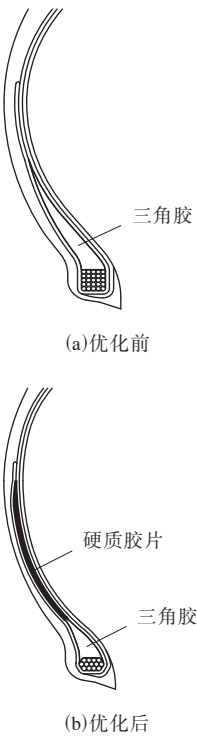


图 2 钢丝圈、三角胶和胎侧优化设计前后示意

4 成品性能

成品性能测试采用优化设计后生产的 195/65R15 轿车子午线轮胎进行。

4.1 外缘尺寸

成品轮胎在充气压力为 180 kPa 下,参照 GB/T 521—2003 测得的充气外直径为 633.8 mm,充气断面宽为 196.5 mm,满足设计要求。

4.2 强度性能

强度性能按照 GB/T 4502—2009 进行测试,试验条件为:充气压力 180 kPa,压头直径 19 mm。试验结果表明,轮胎破坏能为 445 J,为国家标准规定值(295 J)的 150.8%。成品轮胎的强度性能良好,符合国家标准要求。

4.3 脱圈阻力

脱圈阻力试验按照 GB/T 4502—2009 进行测试,试验条件为:充气压力 180 kPa,压块型号 A 型,压块水平距离 279 mm。试验结果表明,脱圈阻力为15 000 N,成品轮胎的脱圈阻力性能良好,符合国家标准($\geq 8\,890$ N)要求。

4.4 耐久性能

耐久性能按照 GB/T 4502—2009 进行测试,试验条件为:充气压力 180 kPa,额定负荷 615 kg,试验速度 120 km·h⁻¹,轮胎按照国家标准规定程序行驶 34 h 后,每 10 h 负荷率增加 10% 继续进行试验,当负荷率达到 150% 不再增加,直至轮胎损坏或累计行驶 120 h 为止。试验结束时轮胎累计行驶时间为 120 h,轮胎未损坏。成品轮胎耐久性能良好,符合国家标准要求。

4.5 低气压性能

低气压性能按照 GB/T 4502—2009 进行测试,试验条件为:充气压力 140 kPa,试验负荷 615 kg,试验速度为 120 km·h⁻¹,轮胎完成国家标准规定的耐久性试验后即进行低气压性能试验,按照国家标准规定程序行驶 1.5 h 后继续进行试验,直至轮胎损坏或累计行驶 66 h 为止。试验结束时轮胎未损坏,累计行驶时间为 66 h。成品轮胎的低气压性能良好,符合国家标准要求。

4.6 高速性能

高速性能按照 GB/T 4502—2009 进行测试,试验条件为:充气压力 280 kPa,试验负荷 492 kg,初始速度为 170 km·h⁻¹,完成国家标准规定

程序后,每行驶 10 min 试验速度增加 10 km·h⁻¹继续进行试验,直至轮胎损坏为止。轮胎最高行驶速度为 240 km·h⁻¹,累计行驶时间为 1.4 h,试验结束后轮胎胎肩崩花。成品轮胎的高速性能良好,符合国家标准要求。

4.7 滚动阻力试验

成品轮胎滚动阻力试验结果如表 4 所示。从表 4 可以看出,与优化前轮胎相比,优化后轮胎的滚动阻力系数明显下降,降幅达 11.8%。

表 4 成品轮胎滚动阻力试验结果

项 目	优化前轮胎	优化后轮胎
质量/kg	8.8	7.3
滚动阻力/N	48.604	42.866
滚动阻力系数	10.08	8.89

4.8 湿地抓着力试验

为了测试轮胎轻量化设计对轮胎湿地抓着力影响,2010 年 8 月在德国技术监督协会进行 ECE R117 法规湿滑性能测试,参比轮胎为 ASTM 195/70R14 轮胎。优化前轮胎的湿地抓着力与参比轮胎之比为 1.286,优化后为 1.289。试验结果表明,轻量化设计对轮胎湿地抓着性能虽有影响,但不显著。

4.9 实际装车试验

为了验证 195/65R15 轿车子午线轮胎优化后的实际使用效果,2010 年 9 月采用优化前后轮胎各 8 条安装于 4 辆出租车上,待行驶里程分别达到 6 万 km 后,测算其行驶 6 万 km 的油耗。试验结果表明,与优化前轮胎相比,采用优化后轮胎的车辆油耗下降了 3%。

5 结语

优化后的 195/65R15 轿车子午线轮胎充气外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力性能、耐久性能、高速性能、低气压性能和实际装车性能均满足相应设计和标准要求,滚动阻力明显下降,湿地抓着性能基本保持不变。在保持原有轮廓和花纹不变的情况下,还可以采用小轮廓设计、减小花纹深度和行驶面宽度等措施来减小轮胎质量。在标签法规的推动下,各轮胎公司的轻量化趋势会非常明显,在轮胎的整体滚动阻力影响因素中,如果轻量化

设计对轮胎滚动阻力做出 10% 以上的贡献,再配合优化设计胎面配方,轮胎整体滚动阻力下降

20%~30% 是完全可以实现的。

第 17 届中国轮胎技术研讨会论文(三等奖)

Influence of Lightweight Design on the Tire Rolling Resistance

CAI Xi-zhou^{1,2}

(1. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China; 2. Hangzhou Zhongce Rubber Co., Ltd, Hangzhou 310008, China)

Abstract: The weight of 195/65R15 passenger car radial tire was reduced by optimizing the design of skeleton material and construction, the tire rolling resistance decreased and the fuel economy was improved. After optimization the tire weight decreased from 8.8 kg to 7.3 kg. Under the inflated peripheral dimension, tire properties and outdoor performance met the requirements in corresponding standards, the wet grip performance of optimized tire remained unchanged and its rolling resistance ratio decreased by 11.8%, from 10.08 to 8.89.

Key words: passenger car radial tire; rolling resistance; lightweight; fuel economy; wet grip performance

阿波罗推出 XTrax 系列轮胎

中图分类号: TQ336.1; U463.341+.5 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2012 年 12 月 7 日报道:

阿波罗轮胎有限公司在 2012 年 12 月 5—8 日印度加尔各答盐湖举办的第 11 届国际矿业机械展览会(IMME, 为由印度工业联合会组织的印度采矿业最大的商品交易会)上推出了 XTrax 系列巨型推土机工程机械轮胎。

图 1 所示为盐湖大型露天体育场上展示的高 3.57 m、规格为 40.00×57 的 XTrax 巨型推土机工程机械轮胎,其质量超过 3 500 kg。



图 1 XTrax 巨型推土机轮胎

该轮胎由位于印度西部古吉拉特邦的阿波罗 Limda 工厂生产,设计用于 240 t 矿用自卸翻斗车,每条轮胎用胶 1 900 kg、炭黑 750 kg、锦纶织

物 350 kg、其他橡胶化学品 500 kg。

阿波罗称该款轮胎是产于印度的最大的工程机械轮胎。

(马 晓摘译 许炳才校)

土耳其 Petlas 轮胎公司投资扩大
农业子午线轮胎的产能

中图分类号: U463.341+.59/.6 文献标志码: D

英国《轮胎快报》(www.tyrepress.com)2012 年 12 月 11 日报道:

土耳其 Petlas 轮胎公司宣布,其已经进行了大量投资以使农业子午线轮胎的生产能力翻番。该公司目前生产 Petlas 和 Starmaxx 品牌农业轮胎。

Petlas 轮胎公司声称,此次扩大产能是基于欧洲和北美市场对 Petlas 和 Starmaxx 品牌农业轮胎需求的日益增长。2012 年 12 月该扩产项目完成后, Petlas 轮胎公司农业子午线轮胎的年产能可以达到 30 万条。

Petlas 轮胎公司是目前土耳其唯一一家非外资轮胎企业,也是唯一一家能够生产军用航空轮胎的企业。在 2012 年度全球轮胎 75 强排行榜上,该公司以 2011 年轮胎销售收入 3.41 亿美元而名列第 54 位。

(曙光橡胶工业研究设计院 邓海燕摘译)